

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-193137

(43) 公開日 平成9年(1997)7月29日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 8 D	5/G4		B 2 8 D 5/04	B
B 2 3 H	1/00		B 2 3 H 1/00	B

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-4891

(22) 出願日 平成8年(1996)1月16日

(71) 出願人 592054856

クリー リサーチ インコーポレイテッド
CREE RESEARCH INCOR
PORATED

アメリカ合衆国 ノースカロライナ州
27713 ダラム メリディアン パークウ
エイ 2810 スイート 176

(72) 発明者 クロード・グレイ・サッグ・ジュニア
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州
27604-4721, ローリー, ピン・オーク・
ロード 4112

(74) 代理人 弁理士 湯浅 恭三 (外6名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 炭化ケイ素ウエーハを製造する方法及び4H炭化ケイ素のウエーハ

(57) 【要約】

【課題】 ダイヤモンドソーを用いる場合のように、機械的な応力及び損傷を生ずることなく、炭化ケイ素プールから炭化ケイ素ウエーハを製造するための方法を提供する。

【解決手段】 本方法は以下の工程を備える。すなわち、導電性を有するに十分なようにドーブされた4H炭化ケイ素のプールに隣接して、ワイヤ電極を位置決めする工程。プールとワイヤとの間に水の流れを維持する工程。プールとワイヤとの間に放電アークを生じさせるに十分な電流を、ワイヤ電極に周期的に与える工程。電流を周期的に与えながら、プールを横断するようにワイヤを動かし、これにより、プールから4H炭化ケイ素のウエーハをスライスする工程。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化ケイ素ブールから炭化ケイ素ウエーハを製造する方法であって、

導電性を有するに十分なようにドーパされた4H炭化ケイ素のブールに隣接して、ワイヤ電極を位置決めする工程と、

前記ブールとワイヤとの間に水の流れを維持する工程と、

前記ブールと前記ワイヤとの間に放電アークを生じさせるに十分な電流を、前記ワイヤ電極に周期的に与える工程と、

前記電流を周期的に与えながら、前記ブールを横断するように前記ワイヤを動かし、これにより、前記ブールから4H炭化ケイ素のウエーハをスライスする工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項2】 請求項1の方法において、前記ワイヤと前記ブールとの間の放電によって脱落した材料を、前記ワイヤと前記ブールとの間から取り除く工程を更に備えることを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項1の方法において、前記ワイヤ電極に電流を周期的に与える前記工程が、約0と350ミリアンペアとの間の電流を与える段階を含むことを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項1の方法において、前記ワイヤ電極に電流を周期的に与える前記工程が、あるサイクルパターンで電流を与える段階を含み、前記サイクルパターンにおいては、約2.0と2.5ミリ秒との時間の間にわたって電流が与えられ、次に、約14と16ミリ秒との時間の間にわたって、電流が停止されることを特徴とする方法。

【請求項5】 炭化ケイ素のバルク結晶から炭化ケイ素の部分製造する方法であって、導電性を有するに十分なようにドーパされた4H炭化ケイ素のブールを、電極工具及び誘電流体を用いて、放電加工する工程を備えることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項5の方法において、前記電極工具がワイヤを含み、前記誘電流体が脱イオン水を含むことを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項4の方法において、ブールを放電加工する前記工程が、前記ブールから4H炭化ケイ素のウエーハをスライスする段階を含むことを特徴とする方法。

【請求項8】 デバイス前駆体として使用可能な4H炭化ケイ素のウエーハを製造する方法であって、導電性を有するに十分なようにドーパされた4H炭化ケイ素のバルク単結晶を成長させる工程と、

FDMワイヤを用いて、前記バルク単結晶からウエーハをスライスする工程とを備えることを特徴とする方法。

【請求項9】 請求項1、請求項7又は請求項8の方法において、

前記スライスされたウエーハをラッピングし、該ラッピングされたウエーハを研磨し、該研磨されたウエーハをエッチングしてエピタキシャル成長用の表面を準備することによって、前記ウエーハの表面を仕上げする工程を更に備えることを特徴とする方法。

【請求項10】 請求項9の方法において、前記ウエーハの仕上げされた表面に、4H炭化ケイ素のエピタキシャル層を成長させる工程を更に備えることを特徴とする方法。

【請求項11】 請求項8の方法において、前記ウエーハをスライスする前記工程が、

4H炭化ケイ素のバルク単結晶に隣接して、ワイヤ電極を位置決めする段階と、

前記ブールと前記ワイヤとの間に脱イオン水の流れを維持する段階と、

前記バルク単結晶と前記ワイヤとの間に放電アークを生じさせるに十分な電流を、前記ワイヤ電極に周期的に与える段階と、

前記電流を周期的に与えながら、前記バルク単結晶を横断するように前記ワイヤを動かす段階とを備えることを特徴とする方法。

【請求項12】 請求項1、請求項5又は請求項8の方法に従って製造された、4H炭化ケイ素のウエーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体のバルク結晶から半導体ウエーハを製造する方法に関し、特に、放電加工を用いて、炭化ケイ素のバルク結晶又は「ブール」から、4H炭化ケイ素のウエーハを形成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体デバイスは、半導体材料のウエーハ、すなわち、約25.4〜約102mm（約1〜4インチ）の直径を有する半導体材料の薄く概ね円形のスライスの上に、共通の環境で形成されることが多い。

【0003】ウエーハを製造する全体的なプロセスの一部として、最初に、融解又は昇華からの成長の如き、幾つかの周知の技術の1つを用いて、バルク結晶（インゴット又はブールと呼ばれることがある）を成長させる。その後、バルク結晶は一般に、その一側部に沿って研磨されて、「一次平面（primary flat）」と呼ばれる表面を形成し、次に、別の側部に沿って研磨されて、「二次平面（secondary flat）」と呼ばれる表面を形成する。そのような平面の相対的な位置を用いて、結晶の性質及び配向を決定することが多い。

【0004】インゴットを成長させ、その後、上記平面によって配向及び特徴を決定した後に、インゴットをスライスしてウエーハにする。最も一般的なスライス技術は、ダイヤモンドソーすなわちダイヤモンド鋸を用い

10

20

30

40

50

て、プールからウエーハをスライスする技術である。次に、スライスされたウエーハは、適宜な研磨材を用いて「ラップ」され、完全な平面度の1〜2ミクロン以内の範囲の均一な表面が与えられる。次に、ウエーハは、化学的なエッチング又は研磨を受ける。

【0005】近年、多数の半導体の用途に対して適正な材料（事実優れた材料でもある）としての炭化ケイ素の有用性の増大及び使用の増大が証明されている。炭化ケイ素は、高温で安定であり、広い禁止帯の幅、高い飽和電子ドリフト速度、及び、良好な放射硬度を有している。

【0006】また、炭化ケイ素は、現在存在するものの中で物理的に最も硬い材料の1つである。事実、炭化ケイ素は、単独であるいは複合体の形態で、研磨材として広く使用されている。従って、より軟らかい材料において、ダイヤモンドソーを用いてバルク結晶をウエーハにスライスするような比較的簡単な作業が、炭化ケイ素においては非常に困難になる。

【0007】ダイヤモンドソーを用いて、炭化ケイ素のバルク結晶をウエーハに切断することができるが、ダイヤモンドソーは幾つかの欠点を有している。最も基本的な問題として、ダイヤモンドソーは、結晶を切断する際に、結晶に対して応力を生ずる。この応力は、スライスされている材料を加熱し、ウエーハに、応力クラック、焼結ひずみ、及び、表面の損傷を生じさせる。一般に、そのような応力クラック等は総て、ウエーハを用いて形成されたデバイスに有害な影響を与え、ウエーハを使用できない程の欠陥のあるものにすることさえある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ダイヤモンドソーの如き技術が発生する傾向のある機械的な応力及び損傷を排除し、炭化ケイ素プールから炭化ケイ素ウエーハを形成する方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、炭化ケイ素のバルク結晶から炭化ケイ素の部分を製造する方法を提供することにより、上記目的を達成する。本方法は、導電性を有するように十分にドーブされた4H炭化ケイ素のプールを、電極工具及び誘電流体を用いて、放電加工によって切断する。

【0010】本発明の上述の及び他の目的、効果及び特徴、並びに、これら目的、効果及び特徴が達成される態様は、本発明の以下の詳細な記載から容易に理解されよう。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、炭化ケイ素のバルク結晶から炭化ケイ素の部分を製造する方法であって、この方法は、導電性を有するように十分にドーブされた4H炭化ケイ素のプールを、電極工具及び電誘電流体を用いて、放電加工（“EDM”）する工程を備える。

【0012】炭化ケイ素を知る人には周知のように、4Hのポリタイプは、特に低い抵抗率を有しており、そのような抵抗率は、上記ポリタイプを上述のタイプの加工の優れた候補にする。n形の4H材料の適合性は、例えば、6H炭化ケイ素の適合性よりもかなり高く、従って、4H炭化ケイ素を用いる本発明においては、比較的高いEDM切断速度（1分間当たり25ミル：1000ミル＝約25.4mm（1インチ））を達成することができる。これとは対照的に、薄くドーブされたp形の炭化ケイ素の如き抵抗率の高い材料、あるいは、半絶縁材料の切断は、放電加工を用いると、非常に困難である。特に、約 10^{15} cm^{-3} よりも高いn形キャリア濃度を有する4H炭化ケイ素は、本発明に最も適している。

【0013】一般に、放電加工は、比較的良く知られた技術であるが、本発明の環境での使用は新規である。従って、EDM機械の性質及び作用は、本明細書においては詳細に説明しないが、EDMにおいては、被加工物（本明細書では、炭化ケイ素プール）と電極との間の誘電媒体（水又は他の誘電流体の如き）の前後に、放電が確立されることだけを簡単に述べておく。そのような放電は、被加工物のピースを取り除く傾向がある。電極としてワイヤを用いる場合には、そのようなワイヤは通常、垂直方向に配向され、被加工物に比較的細かいカットを形成することができる。EDM機械の最近の例が、ホサカ（Hosaka）の米国特許第5,171,955号及び第5,243,165号に記載されている。そのような例は、例として挙げられたものであって、限定するものではなく、EDMの使用は、金属を切断するためのものとして、比較的広く確立されている。

【0014】代表的なEDM技術、及び、本発明においては、放電は通常、本発明に関しては脱イオン水を含むのが好ましい誘電流体の前後に確立される。上述のように、EDM電極としてワイヤを使用する場合には、本方法は、バルク単結晶から4H炭化ケイ素のウエーハをスライスする工程を含むのが好ましい。しかしながら、異なる電極を用いて、4H炭化ケイ素の被加工物を何等かの別の形態あるいは何等かの別の形状に機械加工することができ、そのような例も本発明の範囲内に入る。例えば、炭化ケイ素プールは、芯抜きされることがあり、そのような場合にも、EDMは適正に作用することが予想される。

【0015】幾つかの工程として表現すれば、本発明の方法は、導電性を有するように十分なようにドーブされた4H炭化ケイ素のプールに隣接して、ワイヤ電極を位置決めする工程を含む。脱イオン水の流れを上記プールとワイヤとの間に維持し、同時に、上記ワイヤ電極に周期的に電流を印加する。上記印加される電流は、上記プールとワイヤとの間に放電アークを発生させるに十分な大きさである。上記ワイヤは、電流を周期的に印加して、プールから4H炭化ケイ素のウエーハをスライスしている

間に、上記ブールを横断して動かされる。

【0016】本方法は更に、上記ワイヤと放電によってブールから脱落したブールとの間から、材料を取り除く工程を含むのが好ましい。そのような材料が十分に取除かれなければ、上記ワイヤ及びそのような材料は、適正な切断放電を生じさせるのではなく、短絡する傾向を有する。

【0017】EDM技術は、「スパーク」プロセスとして説明することができる。換言すれば、EDMは、連続的な放電ではなく、周期的な放電を用いて、4H炭化ケイ素材料を切断する。一般的に言えば、周期的なスパークの発生は、「オン」時間及び「オフ」時間によって決定される。オン時間が長い場合には、より多くの電力が、ワイヤに与えられ、一般に、より迅速な切断が行われる。しかしながら、対応するファクタとして、そのようなより迅速な切断によって生ずる仕上げは、同じ材料をより緩速に切断することにより生ずる仕上げよりも、品質が劣り、精度に問題を生ずることがある。また、オン時間があまりにも長い場合には、ワイヤは、破断する傾向を有する。

【0018】これを程々にするために、特定のオフ時間が選定される。オフ時間は、スパークの間にワイヤへの電気の供給が停止される時間の長さとして決定される。オフ時間は、バルク単結晶から切削された粒子が取り除かれる機会を与え、ワイヤと被加工物との間の前述の短絡を防止する。

【0019】従って、好ましい実施例においては、本発明は、約0アンペア及び350アンペアの間の電流を周期的にワイヤに与える工程を含み、この工程においては、電流は、約2.0及び2.5ミリ秒の間のオン時間

にわたって与えられ、その後、約14及び16ミリ秒のオフ時間が設けられる。開回路電圧は、約350ボルトであるのが好ましい。

【0020】本発明の特別な例においては、オブションのハイパワー回路(PCDキット)を有するSodic Model 280L EDM機械を用いて、炭化ケイ素のバルク単結晶から4H炭化ケイ素のウエーハをスライスした。オン時間は、2ミリ秒に設定し、オフ時間は、14ミリ秒に設定した。ピーク電流(IP)は、350アンペアに設定し、平均電流(MA)は、約50ミリアンペアに設定し、開回路電圧は350ボルトに設定した。切断ワイヤは、約0.254mmの直径を有するGISCO(登録商標)ワイヤであった。このワイヤは、銅及びこの銅を被覆する亜鉛から成るベース材料すなわち基材から形成され、約9,139kg/cm²(130,000psi)の引張強度、2%よりも小さい伸び、及び、20%の導電率(IACS)を有している。

【0021】本発明に従ってウエーハを切断した後に、そのようなウエーハは、当業者には良く知られた手順で

更に調整される。ウエーハのその後のハンドリングは、更なる処理のために、ウエーハをラッピングし研磨(polishing)する工程と、その後、ウエーハをエッチングしてその表面を調整する。一般的にはエピタキシャル成長させる。本件出願人に譲渡され、本明細書に参考としてその全体が組み込まれている、米国特許第4,946,547号に記載されている如きプラズマ技術のような、化学的なエッチング技術が適している。

【0022】全体的に言えば、本発明は、デバイス前駆体として有用な炭化ケイ素の4Hウエーハを製造する方法を提供し、この方法は、導電性を有するように十分にドーパされた4H炭化ケイ素のバルク単結晶を成長させる工程と、そのようなバルク単結晶をEDMワイヤを用いてスライスする工程と、スライスされたウエーハの表面を仕上げする工程とを備えている。炭化ケイ素のバルク単結晶を成長させるための有効な方法は、Davisらの米国特許第4,866,005号に記載されており、この米国特許は、本件出願人に譲渡されており、その全体を本明細書において参考にする。

【0023】本方法は更に、上記ウエーハの仕上げされた表面に、4H炭化ケイ素のエピタキシャル層を成長させる工程を含むことができる。当業者には理解されるように、上記エピタキシャル層は、ウエーハと同じタイプの導電性、あるいは、反対のタイプの導電性とすることができ、また、上記エピタキシャル層は、接合及び他のデバイス要素を形成するための更に別のエピタキシャル層の基礎となることができる。炭化ケイ素の例示的なエピタキシャル成長方法は、米国特許第4,912,063号、第4,912,064号、第5,011,549号、及び、第5,119,540号に記載されている。

【0024】従って、更に別の特徴においては、本発明は、本明細書に記載する本発明の方法に従って製造されるウエーハも含む。

【0025】概括的に言えば、本発明は、極めて平坦で平行なウエーハを提供し、また、非常に少ないカーフロス(切断による材料のロス)をもたらし、更に、結晶構造を圧迫することになる機械的な力を使用しない。例えば、ダイヤモンドソーで炭化ケイ素を切断する場合には、カーフロスは、約40ミルであり、一方、EDMで切断する場合には、12ミルまで低下する。本発明のEDM装置は、ダイヤモンドソーによる切断よりも、正確でより多様性を有しており(EDMは、結晶配列に関係無く切断するが、ダイヤモンドソーはそうではない)、容易に組み立てることができ、自動化することができる。最後に、本発明は、スライスされている材料に対して、過剰の圧力及び熱を与えることがなく、従って、応力歪み、熱効果、及び、他の表面の損傷を防止する。

【0026】本明細書においては、特定の用語を用いて、本発明の代表的な好ましい実施例を開示したが、そのような用語は、単に説明の目的で一般的な意味で使用

したものであって、限定する目的で使用したものではなく、本発明の範囲は、請求の範囲に記載してある。

フロントページの続き

(72)発明者 ジョン・アダム・エドモンド
アメリカ合衆国ノース・カロライナ州
27511, キャリー, ウエスト・ジュール
ズ・ヴァーン・ウェイ 206

